Aus der konservierenden Abteilung (Vorstand: Prof. Dr. J. Münch)
des zahnärztlichen Instituts der Universität Würzburg
(Vorstand: Prof. Dr. P. Wustrow).

Beitrag zur Frage der Durchlässigkeit des Dentins für Silberlösung und Tusche unter besonderer Berücksichtigung der Schmelz- Dentingrenze.

Inaugural-Dissertation

verfaßt und einer

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde

vorgelegt von

Hans Goldammer
Zahnarzt aus Freital.

Würzburg 1933.
Buchdruckerei Richard Mayr

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg.

Referent: Univ.-Prof. Dr. Jos. Münch.

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153309_0021

Schon seit vielen Jahren steht die Frage der Durchlässigkeit der harten Zahnsubstanzen, vor allem des Dentins und des Schmelzes für Farblösungen im Mittelpunkt ausgedehnter wissenschaftlicher Untersuchungen, deren Ergebnisse sich in den verschiedensten Meinungen kundtun. Die Ansicht, daß die Hartsubstanzen für Lösungen überhaupt nicht durchgängig seien, ist schon seit langem revidiert. Vielmehr haben die überaus zahlreichen Versuche der letzten Jahre klar gezeigt, daß ein Eindringen gewisser Lösungen sowohl vom Schmelz aus nach dem Dentin, als auch in umgekehrter Richtung bis zu einer gewissen Tiefe erreicht werden kann.

All diese Untersuchungen beschäftigen sich mit der Lösung der Frage, ob man den Hartsubstanzen des Zahnes Vitalität zu oder absprechen müsse. Bekanntlich ist ja sowohl die Herbeiführung, als auch die Hebung der Widerstandsfähigkeit der Gewebe gebunden an deren Teilnahme an den allgemeinen Lebensvorgängen. Sie und mit ihr der Stoffwechsel in den harten Zahngeweben darf wohl, was das Zahnbein anbelangt, als geklärt im bejahendem Sinne angesehen werden, ebenfalls beim Schmelz; hier jedoch nur bis zum Abschluß der Bildungsperiode. Heiß umstritten, wenngleich auch in sich ständig verringerndem Maße ist hingegen noch die Frage, ob der fertig gebildete Schmelz als eine tote Masse zu betrachten, oder ob er, ebenso wie das Dentin, als ein organischer Bestandteil des Körpers aufzufassen ist. Ist nun das letztere der Fall, so muß dem Schmelz eine gewisse osmotische und Diffusionskraft innewohnen. Schon durch den ständigen Umbau des Dentins, die Reaktion auf äußere Reize, gibt sich in ihm ein Lebensvorgang kund. Anders hingegen der Schmelz; er zeigt bei eingetretener Schmelzkaries keinerlei Reaktion. Da wir nun als das Kennzeichen für Leben in physiologischem Sinne An- und Abbau, also Stoffwechsel bezeichnen, so müßte man daraus schließen, daß der Schmelz ein organisches Gewebe darstellt, in welchem keinerlei „Lebensvorgänge" statthaben. Zieht man außerdem mit in Betracht, daß der Schmelz nur ca. 4% organische Substanz besitzt, im Gegensatz zum Dentin mit einem organischen Substanzgehalt von ca. 28%, daß sich fernerhin während des Lebens weder Sensibilität noch Veränderungen in seiner Struktur nachweisen lassen, daß sich weiterhin Karies auch in vitro erzeugen läßt, so erscheint, von dieser Warte aus betrachtet, die Vorstellung von „Leben" in diesem härtesten Gewebe des menschlichen Organismus kaum wahrscheinlich. Bisher ist eine unangreifbare Beweisführung für die Vitalität des — fertig gebildeten — Zahnschmelzes noch nicht gelungen, denn noch immer stellen sich der Forschung sehr große, schwer zu über-

windende Schwierigkeiten in den Weg. Trotz der soeben angeführten vermeintlichen Beweise, welche dem Schmelz jegliches Leben abzusprechen scheinen, deuten nicht nur bestimmte klinische Erfahrungen, sondern auch experimentell gewonnene Einblicke auf eine Beteiligung des Schmelzes an den Lebensvorgängen hin. Obgleich es nicht im Rahmen meiner Arbeit liegt, Untersuchungen über Stoffwechselbahnen im Schmelz anzustellen, so werde ich doch später noch kurz zu dieser Frage Stellung nehmen.

Da sich vorliegende Arbeit mit der Frage der Durchlässigkeit sowohl des Dentins, als auch der Schmelz-Dentingrenze für Lösungen beschäftigt, somit also die Stoffwechsel- und Nervenbahnen sichtbar gemacht werden sollen, so dürfen wohl die auf diesem Gebiete bekannten Forschungsergebnisse nicht ganz unberücksichtigt gelassen werden. Sind diesen Lösungen Färbepartikelchen beigegeben, so ist wohl die Durchlässigkeit der Färbbarkeit gleichzusetzen. Allerdings soll dadurch nicht erreicht werden, Kontrastfärbungen der einzelnen Gewebsstrukturen zu erzielen, sondern vielmehr zu zeigen, wie weit das Dentin unter besonderer Berücksichtigung der Schmelz-Dentingrenze durchgängig ist und welche Gesetzmäßigkeiten sich hieraus ergeben. Durch dieses Vorgehen müssen sich also auch die in den soeben erwähnten Zahnabschnitten vorhandenen Ernährungsbahnen nachweisen lassen. Wichtig ist allerdings, daß die Farblösungen frei von jeglichen Säureionen sind, um durch die evtl. dadurch auftretende Entkalkung Trugschlüsse zu vermeiden.

Daß dem Dentin Stoffwechsel- u. Nervenbahnen innewohnen, darüber besteht, wie schon anfangs erwähnt, kein Zweifel mehr. Diese Bahnen sind von den verschiedensten Forschern sowohl in ungefärbten wie gefärbten Schliffen und Schnitten, als auch experimentell am Patienten nachgewiesen worden. — Anders hingegen beim Schmelz. Hier stehen sich schon seit langem zwei Fronten schroff gegenüber. Walkhoff, Türkheim, Hopewell-Smith u.a. sprechen dem Schmelz als „totes" Gewebe jegliche Lebensvorgänge ab. Walkhoff stützt sich hierbei in seinen Argumenten besonders auf die gewebliche Eigenart des Schmelzes, während Türkheim auf Grund chemisch-physikalischer Erwägungen zu einer Ablehnung kommt (Faber). Demgegenüber treten Münch, Faber, Boedecker, Abbot, Caush, Gies, Smreker, Westin und in neuerer Zeit ebenfalls neben der französischen Schule (Retterer) noch italienische Forscher (Saraval) und die russische Schule (J. Begelmann) mit ihren Versuchen am menschlichen Zahn für die Anteilnahme des Schmelzes an den Lebensvorgängen des Gesamtorganismus ein. Wie schon erwähnt, sprechen eine Reihe von Tatsachen, vor allem die schlagkräftigen Beweise letztgenannter Autoren für letztere Annahme. Zweifelsfrei lassen sich organische Verbindungen mit dem Dentin an der Schmelz-Dentingrenze — wie

auch aus beigefügten Mikrophotogrammen ersichtlich — feststellen und ferner sind solche organische Bestandteile im zentralen Teil des Schmelzes in Form von Dentinfortsätzen, welche über die Schmelz-Dentingrenze in den Schmelz hineinziehen, oder erweiterte Endigungen dieser Kanäle (kolbenförmige Fortsätze) vorhanden. Weiterhin schreibt Münch in seinem Lehrbuch: „Klinik der konservierenden Zahnheilkunde". „Ich habe in einer Reihe von Zahnschliffen Dentinfortsätze oder besser gesagt Schmelzkanäle im mittleren Teile des Zahnschmelzes und auch weit darüber hinaus nachweisen können, ebenso Erscheinungen im Schmelz, welche an die Bilder der noch zu besprechenden sogen. Transparenz des Zahnbeins erinnern. Einen weiteren Bestandteil des Schmelzes organischer Art stellen die sogen. Schmelzlamellen dar, deren Genese umstritten und deren Existenz heute noch von einzelnen Forschern überhaupt geleugnet wird. Man kann solche Lamellen in fast allen Zahnschliffen finden und durch leichte Ansäuerung des betreffenden Schliffes nachweisen. Es handelt sich dabei zweifellos um organische, mehr oder weniger verhornte Bestandteile des Schmelzes, welche von seiner Peripherie gelegentlich bis zur Dentingrenze ziehen und bei Säureeinwirkung ähnliche Beschaffenheit wie das Schmelzoberhäutchen zeigen. Für die Entstehung dieser Gebilde dürften entwicklungsgeschichtliche Zusammenhänge maßgebend sein".

Stoffwechselbahnen festgestellt zu haben, ist vor allem deshalb wichtig, um durch den Beweis von „Leben" im Schmelz die Lösung der Frage nach einer Remineralisation, vor allem des Schmelzes bei eingetretener Karies von der Pulpa aus herbeizuführen. Auf Grund von Färbeversuchen, welche R. W. Leigh, Washington, am menschlichen Schmelz von der Pulpakammer aus durchgeführt hat, äußert dieser Forscher sich dahingehend, daß bei gesunden Zähnen eine Zuführung von ernährenden Substanzen auf dem Wege über die Pulpa, also über das Blut, leichter möglich sei, bei Schädigung des Schmelzes hingegen halte er die Zuführung kräftigender Mittel per os für günstiger. Außer Leigh haben sich noch Caush, Gies, Smreker, Urbantschitsch, Williams mit Färbungen des menschlichen Schmelzes teils experimentell teils intra vitam beschäftigt. Hierüber äußert sich Misch in seinen „Fortschritten der Zahnheilkunde" wie folgt: „Diese Färbungen sprechen für das Vorhandensein, in der organischen Substanz des Schmelzes — die sich als Albuminkörper durch die Biuretreaktion nachweisen ließ (Gies) — befindlicher Nährwege, der Vorbedingung seiner Anteilnahme an Lebensvorgängen und mithin an dem Stoffwechsel des Gesamtorganismus auf dem Wege über das Zahnmark".

Bevor ich nun auf die nähere Schilderung meiner Versuche und der dazu angewandten Agentien eingehe, möchte ich kurz zum besseren Verständnis der Diffusionswege der Flüssigkeiten den histo-

logischen Bau des Dentins, aber auch des Schmelzes streifen, um zugleich damit die an der Schmelz-Dentingrenze vorhandenen Lebensvorgänge der beiden Hartsubstanzen zu erwähnen.

Der Schmelz (substantia adamantia) stellt die härteste Gewebsstruktur des menschlichen Körpers dar und entspricht dem Härtegrad 7 der Moß'schen Härteskala. Diese außerordentliche Härte beruht auf dem großen Reichtum an anorganischer Substanz, während er nur 4—5% organische Bestandteile enthält. Die Hauptmasse besteht aus kohlen- und phosphorsaurem Kalk neben geringen Mengen von phosphorsaurer Magnesia und Fluor-Kalzium. Bei frisch durchgebrochenen Zähnen ist die gesamte Schmelzoberfläche vom Schmelzoberhäutchen, nach Walkhoff verhornte Ueberreste des Schmelzepithels, überzogen. Der Schmelz besteht aus 5—6 eckigen Prismen, welche senkrecht zur Zahnoberfläche von der Schmelz-Dentingrenze bis zum Schmelzoberhäutchen verlaufen. Nach Walkhoff „erfahren bei den Molaren die in der Entwicklung begriffenen Schmelzprismen in Rücksicht auf die herzustellende Zahnform Seitendrücke, welche die Spitzen des Polygons zwischen die beiden benachbarten Säulen pressen, sodaß flügelförmige, längere Fortsätze entstehen, die besonders aber auf Schiefschnitten sich eine ziemliche Strecke weit erstrecken können". Nach Münch treten diese Wirbelbildungen der Prismen besonders an der Dentingrenze gegenüber der Fissurentiefe zusammen auf. — Nach der heute allgemein gültigen Anschauung sind die Prismen durch eine verkalkte Kittsubstanz fest zusammengehalten und auch v. Ebner, Smreker, W. Meyer u. a. vertreten diese Ansicht. Walkhoff hingegen glaubt, daß diese Annahme auf einer optischen Täuschung beruhe. Er äußert sich: „Im fertigen Schmelzprisma sind zwei Schichten vorhanden, von denen die periphere (Kordikalschicht) viel weniger Kalksalze, dafür aber umsomehr organische Substanz als der Körper des Prismas enthält. Ebenfalls negieren Friedberg, sowie Köhler Jena, das Vorhandensein einer interprismatischen Substanz.

Die Schmelz-Dentingrenze verläuft nicht geradlinig, sondern wellig und zwar entsteht die Wellenlinie durch Resorption des erst gebildeten Dentins durch den Schmelz. v. Ebner glaubt die Einbuchtungen der Schmelz-Dentingrenze darauf zurückführen zu können, daß bei den Menschenzähnen allgemein vor der Schmelzbildung eine Resorption des Zahnbeins erfolgt, durch welche die Enden der Zahnbeinkanälchen arrodiert und bloßgelegt würden. Meist enden die Kanälchen an der zackigen Grenzlinie ganz plötzlich, oder aber sie biegen sich plötzlich, einen stumpfen Winkel mit der Grenzlinie bildend. Oft ragen auch die Enden, stark verdickt, vor allem an den Kauhöckern, in den Schmelz hinein, von Tomes als kolbenförmige Fortsätze bezeichnet. Hierüber schreibt

W. Meyer: „Nach solchen Befunden muß das Vorhandensein der Odontoblastenfortsätze im Schmelz widerspruchslos als Tatsache hingenommen werden und es ist damit erwiesen, daß bereits im Schmelz eine Schmerzreaktion hervorgerufen werden kann, was schon oft behauptet ist, von manchen Autoren aber heute noch bestritten wird".

Das Dentin (substantia eburnea) — die Hauptmasse des Zahnes darstellend —, ist nach dem Schmelz das härteste Gewebe im Organismus —; seine Härte entspricht dem Grade 5—6 der Moß'schen Skala. Sein Gehalt an organischer Substanz wird mit 27% bis 35% angegeben, wobei Alter und Individualität ausschlaggebend sein sollen. Nach v. Frey stellt es ein modifiziertes Knochengewebe ohne Knochenzellen dar, in welchem man drei verschiedene Gewebszonen unterscheiden kann:

1. die verkalkte Grundsubstanz
2. die in dem Dentinkanälchen liegenden Fortsätze der Odontoblasten, die Tomes'schen Fasern
3. die Wandungen der Kanälchen, die Neumann'sche Scheide.

Die Grundsubstanz weist unzählige Kanäle, Dentinkanäle auf, welche radiär von der Pulpa unter sich parallel, S-förmig gekrümmt, mit der ersten Konvexität nach der Wurzelspitze, der zweiten nach der Schmelz-Dentingrenze verlaufen. Diese Kanäle sind untereinander durch Abzweigungen verbunden. An der Schmelz-Dentingrenze zeigen die Dentinkanälchen astartige Verzweigungen und können als dichtes Flechtwerk auslaufen. Die Fortsätze der Odontoblasten, die Tomes'schen Fortsätze, werden von Fasern, als Neumann'sche Scheide bezeichnet, umgeben; dieselben sind die Träger des Stoffwechsels und geben die Diffusionsbahnen für eingebrachte Farblösungen ab. Umstritten ist auch heute noch die Frage, ob das Zahnbein Nerven enthält oder ob, wie dies früher und auch heute noch von manchen Autoren behauptet wird, die Protoplasmafortsätze der Odontoblasten selbst für die Schmerzempfindung im Dentin verantwortlich zu machen sind, wobei der Schmerz durch Fortsätze zur Pulpa und dann durch Nerven aufgenommen und weitergeleitet werden soll. Sowohl Münch als auch Tojoda, ist es gelungen, im Dentin vorhandene Nerven einwandfrei festzustellen. Münch schreibt hierzu: „Wenn man eine freiliegende Dentinfläche mit Reizhaaren abtastet, so sind es immer wieder die gleichen Punkte, welche bei Berührung Schmerzen auslösen, die ruckartig durch den ganzen Körper ziehen. Aber auch die Untersuchungsresultate der neueren Zeit haben das Vorhandensein von Nerven im Zahnbein bewiesen. Nach meinen eigenen Befunden treten von dem unterhalb der Odontoblastenzone gelegenen Raschkow'schen Nervenplexus feine Nervenfasern in das Zahnbein hinein, verlaufen dort hauptsächlich in Richtung der Tomes'schen Fasern mit feinsten

Abzweigungen, indem sie diese Fasern teilweise ringförmig umranken. Man kann solche Nervenfäserchen bis zur Dentingrenze verfolgen. Damit dürfte die langumstrittene Frage gelöst sein".

Was nun die Durchlässigkeit der Hartsubstanzen anbelangt, so gehen hier die Meinungen auch heute noch auseinander, wie die Arbeiten von Bauchwitz, Freibusch, Adrion, Herrmann beweisen. Bauchwitz stellte auf Grund seiner Untersuchungen die Behauptung auf, daß die Hartsubstanzen sowohl für Kristalloide, als auch für Kolloide und Bakterien durchlässig seien. Demgegenüber haben andere Forscher den Beweis geliefert, daß wohl Kristalloide die Hartsubstanzen passieren, nicht hingegen Kolloide oder gar Bakterien. Kranz bezweifelte als erster die Angaben von Bauchwitz. Er glaubte vielmehr, daß für die positiven Ergebnisse von Bauchwitz wohl vor allem die Schmelzsprünge für die Diffusion verantwortlich zu machen seien. Freibusch welcher die Versuche von Bauchwitz einer gründlichen Nachprüfung unterzog, und für die positiven Resultate der Bakteriendiffusion die Versuchsanordnung verantwortlich macht, da er fand, daß die Bakterien undichte Kittstellen bei den Versuchsobjekten zum Durchdringen benutzten, glaubte ebenfalls nicht, daß eine Diffusion durch den intakten Schmelz hindurch stattfindet, da er nach Schliff der Präparate wohl das Dentin intensiv gefärbt fand, während im Schmelz nur die Sprünge Farblösungen zeigten.

Einen weiteren Beweis für die Richtigkeit letzterer Annahme glaube ich durch das Ergebnis meiner Versuche geliefert zu haben. Einmal ist zur Erzielung der Durchlässigkeit des Dentins eine rein kristalloide Lösung — salpetersaure Silberlösung — und zum anderen eine rein kolloidale Lösung — schwarze Zeichentusche — verwandt worden.

Auf Grund der auch heute noch auf diesem Gebiete bestehenden Meinungsverschiedenheiten habe ich meine Versuche auf breiter Basis aufgebaut und die Diffusion sowohl an einer großen Anzahl frisch extrahierter, als auch schon vor längerer Zeit entfernter Zähne nachgeprüft. Weiterhin habe ich die Versuchsobjekte ganz verschieden prozentuierten kristalloiden und kolloidalen Lösungen ausgesetzt. Ehe ich zur Schilderung meiner Versuchsanordnung übergehe, möchte ich erst einmal die kolloidchemischen Unterschiede der beiden angewandten Lösungen erläutern, da, wie ich glaubte, diese Grundbegriffe bei einem großen Teil der bisher vorgenommenen Untersuchungen nicht genügend berücksichtigt worden sind und halte mich dabei an die von v. Hahn, Hamburg, gemachten Angaben:

Was versteht man zunächst unter Diffusion? — Unter Diffusion versteht man das Fortwandern eines Stoffteilchens in einem Medium, wobei die inneren Kräfte des Systems, die sich z. B. in der

Brown'schen Bewegung äußern, das Treibende sind. Im Gegensatz zu Bauchwitz beweist v. Hahn, daß kolloidale Stoffe nicht merklich diffundieren. „Ein Stoff (Farblösung) dringt in eine Gallerte (organische Substanzen der Hartgewebe des Zahnes) ein, falls er molekulardispers gelöst ist (Silbernitrat in Lösung), nicht hingegen, wenn er kolloiddispers (Tusche) ist". Im Dentin haben die Odontoblasten und ihre Fortsätze, auch die Nerven, Gallertstruktur und somit erfolgt die Diffusion einer molekulardispersen Lösung auf diesen Bahnen; ebenfalls besteht beim lebenden Zahn durch die, die Odontoblastenfortsätze umspülende Lymphe eine Transportmöglichkeit. In diesem Zusammenhange seien drei experimentelle Untersuchungen über die Diffusion erwähnt, welche entgegengesetzte Resultate zeitigen. Keßler füllte in die mit einem Rosenbohrer erweiterten Wurzelkanäle vermittels eines über die Höhlung gezogenen Schlauches verschiedene Lösungen von Farbstoffen, Desinfizientien und Kolloiden. Nach einigen Tagen beobachtete er, daß in den die Zähne umgebenden Flüssigkeiten keiner der Stoffe nachweisbar war. Hier sei auch auf die in ähnlicher Weise durchgeführten Versuchen von Domin hingewiesen, welcher eine Glaskapillare in das Pulpenkavum einwachste und nach Zuführung von Kupfersulfatlösung zum Nachweis der Ausbreitung von Kupferverfärbungen innerhalb der harten Zahnsubstanzen, in dem den Zahn umgebenden Wasser nachzuweisen suchte. Vergleichsweise möchte ich außerdem noch die von Heinze und Gowssejeff gemachten Beobachtungen bei der Diffusion von Stoffen vom Pulpenkavum durch Dentin und Zement anführen. — Bei Nachprüfung der Versuche von Keßler konnte v. Hahn feststellen, daß bei diesem Versuch die Lösung meist gar nicht in die Wurzelkanäle eindrang, da aus denselben die Luft nicht entweichen konnte. Ferner war die Diffusionszeit (4 Tage) für derartige Versuche viel zu kurz. Rühle hingegen kam zu entgegengesetzten Ergebnissen. Er legte oberflächlich gereinigte extrahierte Zähne in verschiedene Farblösungen, durchsägte nach einer Einwirkungsdauer von einem Tag die Zähne und untersuchte nun an den Schnittflächen das Eindringen der Farbstoffe. In Uebereinstimmung mit v. Hahn fand Rühle, daß das molekulardisperse Eosin überall im Schmelz leicht diffundiert, schwerer im Dentin.

Farbstoffe, die ihrem Dispersitätsgrade nach der Grenze zu den Kolloiden stehen, wie Kongorubin, dringen nicht ein, erst recht nicht echte Kolloide wie Kongorot. Hierher gehört auch die von mir verwandte Tusche. Verfasser hält ebenfalls die ausführlichen Diffusionsversuche von Bauchwitz und Heimann für kaum geeignet, eine Klärung dieser Frage herbeizuführen, denn es ist unverständlich, weshalb z. B. Kollargol nicht diffundiert, obgleich die vielhundertfach größeren Bakterien hindurchgehen. v. Hahn äußert,

daß „wenn lebende Coli- und Pyocyaneus-Bakterien in 7 Tagen durch die natürliche Dicke des Dentins hindurchwandern können, müßten echte Lösung und auch Kolloide eher als nach 3 Monaten im Aufwasser nachweisbar sein." — Schließlich möchte ich noch die von Smreker angestellten Versuche, die Durchlässigkeit der Hartsubstanzen betreffend, erwähnen. Smreker verwandte zur Färbung alkoholisches Diamantfuchsin, welches mit Druck in das Pulpenkavum gebracht, durch Dentin und Schmelz hindurch diffundierte. Dabei folgte die Farbe den Dentinkanälchen und endete, die Schmelz-Dentingrenze überschreitend, in der interprismatischen Substanz. Im Schmelz folgte die Farbe der organischen Prismenscheide.

Zur Ausführung meiner Versuche habe ich guterhaltene Front- und Eckzähne verwandt, da ich aus ihnen die Pulpen am besten zu entfernen vermochte, im Gegensatz zu Bauchwitz, welcher bei seinen Versuchen die Pulpen der extrahierten Zähne nicht entfernte, mit der Begründung, „den Mundverhältnissen ähnliche Grundlagen haben zu wollen". Da verschiedene Forscher der Meinung sind, bei frisch extrahierten Zähnen eine bessere Diffusion erzielen zu können, als bei schon vor längerer Zeit entfernten, so habe ich zur Nachprüfung dieser Behauptung Zähne beider Gattungen auf ihre Durchlässigkeit untersucht und fand in Uebereinstimmung mit den Darlegungen von Dierks, daß sich keinerlei merkliche Unterschiede bezügl. der Durchlässigkeit ergaben. Desgleichen bei Zähnen alter und junger Patienten. Bei der Untersuchung einer ganzen Anzahl junger und alter Zähne erwies sich das Dentin als vollkommen durchlässig, ja sogar die gefärbten, ein Stück weit in den Schmelz vorragenden Verzweigungen der Odontoblastenfortsätze, sowie die kolbenförmigen Fortsätze zeigten deutliche Schwarzfärbung, welche ich bei allen Untersuchungen vom Pulpenkavum aus durchführte. Somit kann ich auch den Ausführungen Misch's zustimmen, welcher schreibt: „Zugleich hat sich gezeigt, daß der Gehalt des Zahnschmelzes an organischer Substanz, über deren Menge und Zusammensetzung die Untersuchungsergebnisse bekanntlich stark voneinander abweichen, unabhängig ist vom Alter der Zähne oder ihrer Art (Milch- oder bleibende Zähne) (Sprawson & Brug), wie auch die färberische Eigenschaft junger und alter Zähne keine Unterschiede zeigen. (Dierks)".

Als Diffusionsflüssigkeiten habe ich, wie schon erwähnt, einmal die im Dispersitätsgrad zu den Kolloiden stehende schwarze Zeichentusche in verschiedenen Verdünnungen und zum anderen die von vielen Autoren gebrauchte molekulardisperse Silbernitratlösung in verschiedener Stärke von 2%, 5%, 10%, 20%, 50%, 75% verwandt. Bei sämtlichen Zähnen habe ich die Wurzeln kurz unterhalb der Schmelz-Zementgrenze abgeschnitten und die Pulpen ohne Säureanwendung entfernt. Entgegen

dem Vorgehen anderer Autoren (Pickerill), welche die Oberfläche der Zähne (Schmelz) mit Wachs überzogen, dieselben in Farblösungen legten, sodaß die Färbeflüssigkeit nur durch das foramen apicale in das Pulpenkavum und von da durch die Dentin- und Schmelzbahnen dringen konnten, oder anderer Forscher, welche den Zahn sowohl von seiner Oberfläche, als auch vom Pulpenkavum aus dem Färbemedium aussetzten, näherte ich mich dem oben beschriebenen Vorgehen Keßler's und Rühle's. In Berücksichtigung der im gesäuberten Pulpenkavum befindlichen Luft, zementierte oder wachste ich Kanülen locker in die Wurzelkanäle ein und brachte durch Druck vermittels einer Injektionsspritze die verschieden prozentuierten Lösungen in das Innere der Zähne, sodaß die bei festem Abschluß den Eintritt der Flüssigkeit erschwerende Luft durch den feinen Spalt zwischen Kanüle und Kanalwand entweichen konnte. Die Zähne setzte ich den Lösungen — Tusche und Silbernitratlösung — verschieden lange Zeit, von einem Tag bis zu drei Wochen aus, die Injektionen täglich wiederholend. Im Schliff konnte ich, wie beigefügte Abbildung I zeigt, die oben erwähnten Angaben v. Hahn's bezügl. der Diffusionsunmöglichkeit kolloidaler Lösungen — Tusche — in den harten Zahnsubstanzen bestätigt finden und somit erneut einen Beweis für die Unrichtigkeit der Bauchwitz'schen Theorie liefern.

Die nur einen Tag, ebenso wie die 3 Wochen lang mit Tusche gespritzten Zähne zeigten nach Injektion von unverdünnter Tusche überhaupt keine Diffusion, während die im Verhältnis 1 : 2 verdünnte Tusche, wie Abbildung I zeigt, ein nur ganz geringes Stück in das Dentin diffundiert war.

Die mit der molekulardispersen Silbernitratlösung behandelten Zähne hingegen vermochten, — ebenfalls den Resultaten v. Hahn's entsprechend, in jedem Lösungsgrad ganz durch das Dentin, in mehreren Fällen sogar über die Schmelz-Dentingrenze hinaus, durch die Verzweigungen der Odontoblastenfortsätze und die kolbenförmigen Erweiterungen hindurchzudringen (siehe Abbildung II u. III).

Wie wirkt die Silbernitratlösung auf das Dentin? — Bei Beantwortung dieser Frage möchte ich mich an die Ausführungen Sedelmeier's halten. Ueber die Penetrationsfähigkeit stehen sich die Ansichten einzelner Autoren einander schroff gegenüber. Die Mehrzahl vertrat um die Wende des 20. Jahrhunderts den Standpunkt, daß die Koagulationswirkung des salpetersauren Silbers eine größere Tiefenwirkung ausschließe. So stellte Harlan an frisch extrahierten Zähnen Versuche an, indem er nach Entfernung der Pulpa und Verschluß des foramen apicale das auf sein Penetrationsvermögen zu prüfende Mittel in Lösung in den Wurzelkanal brachte und stellte bezügl. des $AgNO_3$ die Behauptung auf: „Es koaguliert

die Oberfläche und verhindert so seine eigene Diffusion in die Dentintubuli." So empfahl auch Pichler, ebenfalls von der Koagulationswirkung des $AgNO_3$ überzeugt, dasselbe zur Koagulation der organischen Bestandteile der Zahnoberfläche, wodurch zugleich ein Verschluß der Dentinkanälchen erzeugt werde. Weiterhin behauptet Szabo auf Grund seiner, in der Literatur häufig vorzufindenden Arbeiten: „Die imbibierte Dentinschicht beträgt beiläufig ½ mm und konnte ein tieferes Eindringen trotz Anwendung der verschiedensten Lösungen nie beobachtet werden". Ebenfalls urteilt Walkhoff über das Silbernitrat: „Die Koagulation des Zellprotoplasmas erfolgt bei starker salpetersaurer Silberlösung sogar augenblicklich und zwar in sehr fester und undurchdringlicher Form, sodaß ein solches Mittel von vornherein nur eine sehr geringe Tiefenwirkung haben kann". — Gleich Sedelmeier kann ich mich hingegen dieser Ansicht unmöglich anschließen, denn meine Untersuchungen zeitigen genau das gegenteilige Ergebnis. Zunächst muß ich, was die Färbungsintensität anbelangt, feststellen, daß ich die Meinung mancher Autoren, je länger man die Zähne dem Färbemedium aussetze, umso bessere Färbungsresultate seien zu erzielen, in Bezug auf die Schwarzfärbung der Silbernitratlösung nicht ganz zu teilen vermag. Gewiß zeigen mehrmalige Injektionen niedrig prozentuierter Lösungen schönere Färbungen, als nur ein- oder zweimalig vorgenommene Spritzungen. Hingegen erhielt ich bei einmaliger Injektion einer hochprozentuierten Lösung und anschließendem Schliff ebenso gute Färbungen wie bei Vornahme mehrmaliger Injektionen. Das beste Ergebnis vermochte ich mit 20% iger Silbernitratlösung zu erzielen, welche ich in Abständen von ca. 24 Stunden dreimal injizierte.

Die Diffusionsversuche vermittels Silbernitratlösung haben erneut die vollkommene Durchlässigkeit sowohl des Dentins, als auch der Schmelz-Dentingrenze ergeben. Die beigefügten Mikrophotogramme zeigen deutlich den Uebertritt organischer Leitungsbahnen vom Dentin in den Schmelz, welche sich an der Schmelz-Dentingrenze teils verzweigen, teils kolbenförmig im Schmelz enden. Obgleich Silbernitratlösung den Schmelz nicht vollkommen zu durchdringen vermag und sich auch hiermit keine „direkte" Verbindung der organischen Bahnen des Schmelzes mit denen des Dentins, als Uebermittler der Lebensvorgänge des Gesamtorganismus über die Pulpa nachweisen läßt, so dürfte doch wohl auch der Schmelz durch das Uebertreten organischer Bahnen vom Dentin in den Schmelz und das Vorhandensein eigener organischer Leitungsbahnen, ebenso wie alle anderen Gewebe des menschlichen Organismus mit dem Gesamtstoffwechsel in Verbindung stehen! Ein Beweis für eine Nichtbeteiligung des Zahnschmelzes an den Lebensvorgängen des Gesamtorganismus ist hingegen bisher noch nicht geliefert worden. —

Zusammenfassung:

Obgleich mit der Kenntnis der Stoffwechsel- und Nervenbahnen sowohl im Dentin, als auch an der Schmelz-Dentingrenze deren Durchlässigkeit auf den organischen Leitungsbahnen bekannt ist, habe ich mich erneut mit der Frage der Durchlässigkeit des Dentins unter besonderer Berücksichtigung der Schmelz-Dentingrenze beschäftigt. Durch Verwendung von Silbernitratlösung einerseits, schwarzer Zeichentusche andererseits, vermochte ich zu bekräftigen, daß kristalloide (molekulardisperse) Lösungen — salpetersaure Silberlösung — die organischen Substanzen der Hartgewebe des Zahnes zu durchdringen vermögen, nicht hingegen kolloidale (kolloiddisperse) Lösungen — schwarze Zeichentusche —. Die Lösungen brachte ich im Gegensatz zu den bisher vorgenommenen Untersuchungen verschiedener Forscher vermittels Druckanwendung unter Zuhilfenahme einer Injektionsspritze in die Pulpenkaven der Versuchsobjekte, nachdem ich vorher ungefähr $^2/_3$ der Wurzel entfernt und setzte die Zähne den Lösungen verschieden lange Zeit — einen Tag bis drei Wochen — unter täglicher Wiederholung der Injektionen aus. An Hand der angefertigten Schliffe zeigte sich, daß niedrig prozentuierte Silbernitratlösungen — ich verwandte Lösungen zu 2%, 5%, 10%, 20%, 50%, 75%, — eine vollkommenere Durchdringung der Hartsubstanzen nach wiederholten Injektionen zeigten, während hochprozentuierte Lösungen schon nach einmaliger Injektion die gleich starke Färbung aufwiesen. Außerdem ergab sich, daß die salpetersaure Silberlösung die organischen Bahnen des Dentins, einschließlich der Schmelz-Dentingrenze und der in den Schmelz ragenden Fortsätze vollständig durchdrungen hat. Die Schwarzfärbung endete kurz nach Übertritt in den Schmelz. Die Schliffe der mit unverdünnter Tusche behandelten Zähne zeigten überhaupt kein Eindringen in die Hartsubstanzen, nur im Verhältnis 1 : 2 verdünnte Tusche färbte das, das Pulpenkavum umgebende Dentin kaum merkbar.

Bei den Untersuchungen konnte weiterhin festgestellt werden, daß einerseits sowohl frisch, als auch vor längerer Zeit entfernte Zähne, andererseits die Zähne jugendlicher, sowie alter Individuen keinerlei Unterschiede in der Durchdringungsdauer und -Intensität aufwiesen. Durch das Tieferdringen der Silbernitratlösung ist erneut gezeigt worden, daß die auch noch heute bestehende Annahme mancher Autoren, das Silbernitrat verhindere durch Koagulation der oberflächlichen Schichten, mit denen es zuerst in Berührung komme, sein Tieferdringen, zu unrecht besteht.

Zum Schlusse meiner Ausführungen möchte ich meinem verehrten Lehrer, Hern Prof. Dr. Münch, für die Ueberlassung des Themas und für die persönliche Unterstützung bei der Anfertigung meiner Arbeit meinen aufrichtigsten Dank aussprechen.

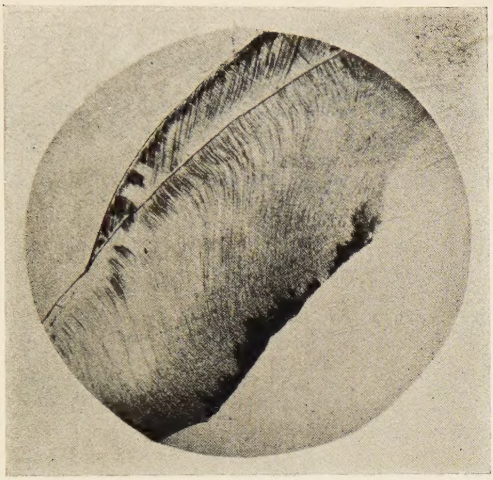

Abbildung I.

Oberer Frontzahn nach drei-wöchentlicher Behandlung mit im Verhältnis 1 : 2 verdünnter schwarzer Tusche. Die Tusche ist nur in den unteren Teil des Dentins in ganz geringem Maße eingedrungen.

Abbildung II.

Oberer Frontzahn mit 20% Argent. nitric. — Lösung vom Pulpenkavum aus gefärbt. Behandlungsdauer 3 Tage. Die Lösung hat das gesamte Dentin vollkommen, über die Schmelz-Dentingrenze hinaus, bis in den Schmelz durchdrungen.

Literaturangabe.

1. Balind, Orban: Entwicklungsgeschichte und Histogenese Misch, Fortschr. d. Z. 1928 1. Teil.
2. Bauchwitz und Heimann: Weitere Untersuchungen über das Durchlässigkeitsvermögen der harten Zahnsubstanzen. Z. R. XXXV 1926 Nr. 2, S. 21/27.
3. Bauchwitz: Diffusionsvorgänge in der harten Zahnsubstanz. Z. R XXX 1921 Nr. 41/42.
4. Begelmann: Die elektr. Leitfähigkeit als Methode zur Bestimmung der Permeabilität des Schmelzes. Z. f. Stomat. XXVIII Nr. 11 (1930).
5. Beretta: Aetiologie und Pathogenese der Karies unter besonderer Berücksichtigung der vitalistischen Struktur des Schmelzes. Misch, Fortschr. d. Z. 1928 II. Teil.
6. Dierks: Experimentelle Beiträge zur sog. Vitalität des Schmelzes. Ueber die Färbbarkeit des Tierzahnschmelzes. Diss. Hamburg 1927.
7. Domin: Die Ausbreitung von Kupferverfärbung innerhalb der harten Zahnsubstanzen. Diss. Breslau 1932.
8. Faber: Die Bedeutung der Schmelzfärbung für die Frage der Vitalität des Zahnschmelzes. Misch, Fortschr. d. Z. 1930 II. Teil.
9. — Die Frage der Vitalität des menschlichen Zahnschmelzes im Lichte der neueren Forschung. Z. Stomat. XXVII Nr. 6 S. 530.
10. — Zur Frage der Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. Z. R. 1924 Nr. 3/4.
11. — Kanäle im Schmelz. Misch, Fortschr. d. Z. 1932 I. Teil.
12. v. Hahn: Kolloidwissenschaft in der Zahnheilkunde. Z. R. 1927 Nr. 37.
13. Hopewell-Smith: Beweise gegen die Theorie eines Stoffwechsels des menschlichen Schmelzes. Misch, Fortschr. d. Z. 1932 II. Teil.
14. Kranz: Ueber die Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. Z. R. 1921.
15. Leigh: Das Färben des menschlichen Schmelzes in größerer Ausdehnung. Misch, Fortschr. d. Z. 1927 II. Teil.
16. Livingston: Die Permeabilität des Schmelzes. Misch, Fortschr. d. Z. 1926 II. Teil.
17. Meier: Lehrbuch der normalen Histologie und Entwicklungsgeschichte der Zähne des Menschen. Breslau 1932.
18. Meyer, W.: Mikroskopische Anatomie der menschlichen Zähne aus Port-Euler, München 1929.
19. Misch: Zahnärztlich-soziale Hygiene. Fortschr. d. Z. 1928 I. Teil.
20. — Einfluß des sozialen auf die Entstehung und Mundkrankheiten. Fortschr. d. Z. 1931 I. Teil.
21. Münch, J.: Klinik der konservierenden Zahnheilkunde Thieme, Leipzig 1931.
22. — Anteilnahme d. Zahnschmelzes an den Stoffwechselvorgängen. Misch, Fortschr. d. Z. 1930 I. Teil aus „Zahnärztlich-soziale Hygiene v. J. Münch.
23. Port-Euler: Lehrbuch der Zahnheilkunde. Verlag: Lehmann, München 1929.
24. Sicher: Histologie. Misch, Fortschr. d. Z. 1926 I. Teil.
25. Szabo: Histologische und klinische Untersuchungen über die Wirkungsweise des Argentum-nitricum auf das Dentin. Oesterr.-Ung. Vjschr. f. Zhlkde. 1902.
26. Walkhoff: Die normale Histologie menschlicher Zähne 1924.
27. Zilkens: Durchlässigkeit der harten Zahnsubstanzen. Misch, Fortschr. d. Z. 1927 I. Teil.

Lebenslauf.

Als Sohn des prakt. Arztes Dr. med. Reinhard Goldammer, wurde ich am 16. Juni 1907 zu Freital/Sa. geboren. Nach 6 jährigem Besuch des Wettiner Gymnasiums zu Dresden war ich 4 Jahre im kaufmännischen Beruf tätig, um nach Ostern 1929 an der Oberrealschule zu Meerane/Sa. bestandenem Abitur ab Sommer-Semester 1929 in Würzburg Medizin und Zahnheilkunde zu studieren. Anfang des Winter-Semesters 1930 legte ich meine zahnärztliche Vorprüfung ab und bestand zu Beginn des Winter-Semesters 1932/33 das zahnärztliche Staatsexamen.

Vorliegende Arbeit wurde im wissenschaftlichen Laboratorium der Universitäts-Zahnklinik Würzburg angefertigt. Ich versichere hiermit ehrenwörtlich, daß außer der angegebenen Literatur keine weitere Beihilfe stattgefunden hat.

Hans Goldammer